

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Februar 2002 (28.02.2002)

PCT

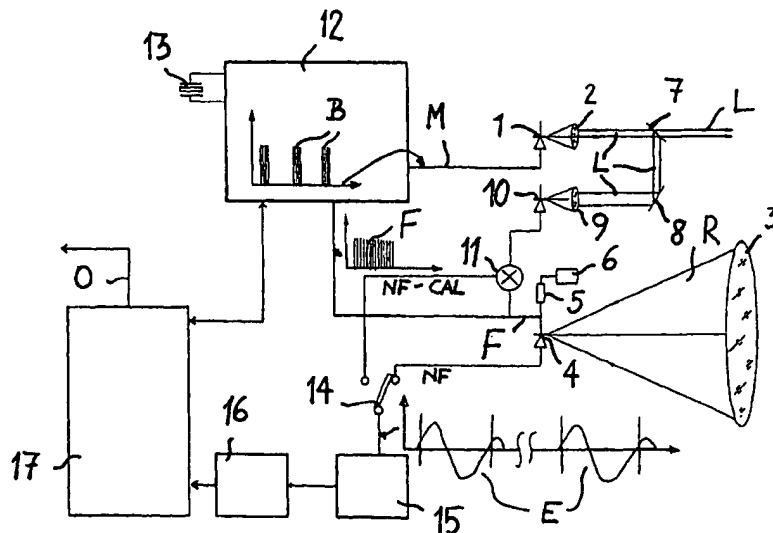
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/16964 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01S 17/36 (74) Anwälte: SCHREIBER, Wolfgang, F. usw.; Riederer Hasler & Partner Patentanwälte AG, Elestastrasse 8, CH-7310 Bad Ragaz (CH).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH01/00491
- (22) Internationales Anmeldedatum:
10. August 2001 (10.08.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
1668/00 25. August 2000 (25.08.2000) CH
- (71) Anmelder und
(72) Erfinder: GIGER, Kurt [CH/CH]; Sportplatzstrasse 10, CH-9464 Rüthi (CH).
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING DISTANCES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ENTFERNMESSTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for measuring distances, based on the phase measurement of an optical measuring beam that is reflected or scattered by an object, on which the beam is sighted. According to said method, the measurement object is exposed to an optical measuring beam of modulated intensity emitted by a measuring device and the measuring beam that is reflected or scattered by the measurement object is detected by a receiver located in the measuring device and is converted into electric measurement signals. Said signals are then compared with a reference signal that is generated from the detection and conversion of a portion of measuring light that has been guided on a known reference trajectory, in order to determine the distance between the measuring device and the measurement object, based on the phase difference that has been determined. The emitted measuring beam is modulated in bursts and the measurement signal of the receiver is only evaluated during the active burst period. The invention also relates to devices for carrying out said method.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 02/16964 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Das beschriebene Verfahren zur Entfernungsmessung beruht auf der Basis der Phasenmessung einer von einem anvisierten Messobjekt remittierten oder gestreuten optischen Messstrahlung. Dabei wird das Messobjekt mit einer von einem Messgerät emittierten, intensitätsmodulierten, optischen Messstrahlung beaufschlagt und die vom Messobjekt remittierte oder gestreute Messstrahlung von einem im Messgerät angeordneten Empfänger detektiert und in elektrische Messsignale umgeformt wird. Die elektrischen Messsignale werden dann mit einem Referenzsignal verglichen, das aus der Detektion und Umformung eines durch eine bekannte Referenzstrecke geleiteten Messlichtanteils generiert wird, um aus der ermittelten Phasendifferenz den Abstand zwischen dem Messgerät und dem Messobjekt zu ermitteln. Die emittierte Messstrahlung wird burstmoduliert und das Messsignal des Empfängers wird nur während der aktiven Burstdauer ausgewertet. Es sind auch Vorrichtungen zur Durchführung des geschilderten Verfahrens beschrieben.

Verfahren und Vorrichtung zur Entfernungsmessung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Entfernungsmessung gemäss dem
5 Oberbegriff des unabhängigen Verfahrensanspruchs 1 bzw. dem Oberbegriff des unabhängigen
Vorrichtungsanspruchs 11.

Entfernungsmessgeräte der gattungsgemässen Art sind aus dem Stand der Technik hinlänglich
bekannt. Sie weisen einen Entfernungsmessbereich von einigen zehn Metern auf und sind oftmals
10 als Handgeräte ausgebildet. Sie werden hauptsächlich in der Bauvermessung oder im Innenausbau,
beispielsweise zum dreidimensionalen Vermessen von Räumen, eingesetzt. Weitere Anwendungs-
bereiche für Entfernungsmessgeräte sind die geodätische und die industrielle Vermessung. Das
Grundprinzip der Entfernungsmessung mit den bekannten Geräten beruht auf der Auswertung einer
zeitlichen Veränderung einer Kenngrösse der vom Gerät emittierten und von einem anvisierten Ob-
15 jekt remittierten elektromagnetischen Strahlung. Das Entfernungsmessgerät ist dazu mit einem
Sender zur Emission einer intensitätsmodulierten Strahlung ausgestattet. Bei Handgeräten handelt
es sich dabei vornehmlich um eine optische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenspektrum, um
das Anvisieren der Messpunkte zu erleichtern. Die optische Strahlung wird von dem anvisierten
Messobjekt remittiert bzw. gestreut und von einem in das Gerät eingebauten Empfänger registriert.
20 Aus der zeitlichen Verzögerung der empfangenen modulierten Strahlung gegenüber der vom Sen-
der emittierten Strahlung ergibt sich die Entfernung zum Messobjekt.

Als Detektoren kommen in den bekannten Entfernungsmessgeräten üblicherweise Pin-Photodioden
oder Avalanche-Photodioden zur Wandlung der vom Messobjekt remittierten oder gestreuten
25 Strahlung in elektrische Signale zum Einsatz. Sehr gebräuchlich sind Entfernungsmessgeräte, deren
Entfernungsbestimmung auf dem Messprinzip der Phasenmessung beruht. Bei derartigen Geräten
wird das elektrische Empfangssignal direkt an der Avalanche-Photodiode oder nach einem Vorver-
stärker mit einer Mischerfrequenz zu einem niederfrequenten Messsignal überlagert. Auf diesem
niederfrequenten Signal wird die Phase bestimmt und mit der Phase eines Referenzsignals vergli-
30 chen. Die Differenz der gemessenen Phase des niederfrequenten Messsignals zur Phase des Referenzsignals ist ein Mass für die Entfernung des Messobjekts.

In der EP-B-0 738 899 sind das Verhalten von Laserdioden für sichtbare Strahlung und die damit verbundenen Genauigkeitsprobleme bei der Entfernungsmessung beschrieben. Zur Verbesserung der Genauigkeit der Entfernungsmessung ist dort vorgeschlagen, die emittierte Laserstrahlung mit Pulsbreiten kleiner 2 ns zu modulieren. Die Modulationsfrequenz dieses bekannten Geräts liegt dabei im Bereich von etwa 50 MHz. Bei Pulsen einer Pulsbreite von beispielsweise 1 ns und einer Periodendauer von 20 ns ist bei diesen bekannten Geräten eine Pulsleistung von ca. 20 mW erforderlich, um eine mittlere Leistung von 1 mW zu erreichen, die für die in diesen Geräten verwendete Laserklasse 2 noch erlaubt ist. Die vorgeschlagene Modulationsart ist mit den handelsüblichen 3 mW Lasern noch umsetzbar, ohne durch die erhöhte Pulsleistung gegenüber dem kontinuierlichen 3 mW Betrieb grössere Einbussen in der Lebensdauer der Laser in Kauf nehmen zu müssen. Durch die kurzen Pulse und die hohe Pulsleistung wird eine kurze Kohärenzlänge der Laserstrahlung erzielt. Dies hat eine Reduktion der im allgemeinen granulierten Intensitätsverteilung der von der meist rauen Oberfläche des anvisierten Messobjekts remittierten Strahlung zur Folge. Die granulierten Intensitätsverteilung ist auch unter der Bezeichnung Speckles bekannt und beeinflusst die erreichbare Messgenauigkeit. Durch die Reduktion der Speckles in der auf den Detektor fallenden remittierten Messstrahlung ist eine Messgenauigkeit im mm Bereich erzielbar.

Eine Möglichkeit der Verbesserung der bestehenden Verfahren und Vorrichtungen besteht darin, die Modulationsfrequenz der Messstrahlung noch weiter zu erhöhen. Bei höheren Frequenzen wird die Signalsteilheit im Nulldurchgang grösser und damit das Zeitintervall Δt , während dessen das Eigenrauschen den Signalpegel beeinträchtigt, verkürzt. Die Verkürzung des Zeitintervalls hat jedoch den Nachteil, dass der Messbereich, innerhalb dessen die Entfernung mit der geforderten Genauigkeit bestimmbar ist, verringert wird. Während bei einer Modulationsfrequenz von 50 MHz eine Distanz von 3 m mit der geforderten Genauigkeit ausmessbar ist, sind es bei einer Frequenz von beispielsweise 400 MHz nur mehr 37,5 cm. Bei Entfernungsmessgeräten auf der Basis der Phasenmessung werden zusätzlich tiefere Modulationsfrequenzen der Messstrahlung benutzt, um die Grobdistanz zu bestimmen. Bei höheren Modulationsfrequenzen für die Feinmessung muss deshalb ein erhöhter Aufwand betrieben werden, um die Grobdistanz zu messen.

Während mit den bekannten Entfernungsmessgeräten bereits gute Ergebnisse erzielbar sind, besteht dennoch der Wunsch nach weiteren Verbesserungen der Leistung gegenüber den bekannten Entfernungsmessgeräten. Ziel derartiger Verbesserungen sind beispielsweise kürzere Messzeiten, genauere Messgeräte, grössere Reichweiten oder auch eine kleinere Bauweise der Entfernungsmess-

5 geräte durch den Einsatz kleinerer Empfangsoptiken. Es soll die Regelung der Laserleistung vereinfacht und im Hinblick auf die Ausbildung des Entfernungsgeräts als Akku- oder Batteriebetriebenes Handgerät der Stromverbrauch des Lasers reduziert werden. Dabei sollen ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Entfernungsmessung geschaffen werden, bei dem die Weiterentwicklungen der Halbleitertechnologie berücksichtigbar sind.

10 Die Lösung dieser Aufgabe besteht in einem Verfahren, welches die im kennzeichnenden Abschnitt des Patentanspruchs 1 angeführten Merkmale aufweist. Eine erfindungsgemäss ausgebildete Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens weist insbesondere die im Kennzeichen des Patentanspruchs 11 angeführten Merkmale auf. Bevorzugte Ausführungsvarianten und/oder Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

15 Das erfindungsgemässe Verfahren zur Entfernungsmessung beruht auf der Basis der Phasenmessung einer von einem anvisierten Messobjekt remittierten oder gestreuten optischen Messstrahlung. Dabei wird das Messobjekt mit einer von einem Messgerät emittierten, intensitätsmodulierten, optischen Messstrahlung beaufschlagt und die vom Messobjekt remittierte oder gestreute Messstrahlung von einem im Messgerät angeordneten Empfänger detektiert und in elektrische Messsignale umgeformt wird. Die elektrischen Messsignale werden dann mit einem Referenzsignal verglichen, das aus der Detektion und Umformung eines durch eine bekannte Referenzstrecke geleiteten Messlichtanteils generiert wird, um aus der ermittelten Phasendifferenz den Abstand zwischen dem Messgerät und dem Messobjekt zu ermitteln. Die emittierte Messstrahlung wird burstmoduliert und das Messsignal des Empfängers nur während einer von der aktiven Burstdauer abhängigen Zeitspanne ausgewertet.

25 Die aktive Burstdauer ist dabei diejenige Zeitdauer, während der das Burstsinal anliegt. Die Periode der Abfolge von Bursts und Totzeit, in der kein Modulationssignal anliegt, wird als Messperiode bezeichnet. Das Burstsinal weist einen Duty Cycle auf, der als das Verhältnis der aktiven Burstdauer zur Messperiode in % definiert ist. Dadurch unterscheidet sich die Burstmodulation von einer Pulsmodulation, bei der das Modulationssignal über die Gesamtdauer einer Messperiode quasi kontinuierlich anliegt. Bei der Burstmodulation hingegen liegt das Modulationssignal nur
30 während eines Teils der Messperiode an. Nach der oben angeführten Definition beträgt daher bei der Pulsmodulation der Duty Cycle immer 100%, während der Wert bei der Burstmodulation im-

- mer kleiner als 100 %. Die Burstmodulation erfolgt mit einem vorzugsweise rechteckmodulierten Burstsinal. Der rechteckmodulierte Burst führt insgesamt zu einer verringerten Peakleistung. Der Duty Cycle ist unter anderem ein Mass für die erzielbaren Verbesserungen im Signal/Rauschen-Verhältnis (S/N). Das Burstsinal weist eine Modulationsfrequenz auf, die von der Periode des
- 5 Signalverlaufs innerhalb eines Bursts abhängig ist. In Analogie zur aktiven Burstdauer kann auch eine aktive Modulationsfrequenz definiert werden. Diese ist von der Zeitdauer abhängig, innerhalb der das Signal von Null verschieden ist. Aus dem Verhältnis der aktiven Modulationsfrequenz zur Modulationsfrequenz kann ein Duty Cycle der Modulationsfrequenz in % bestimmt werden.
- 10 Durch die Auswertung des Messsignal des Empfängers nur während der aktiven Burstdauer wird das Signal/Rausch-Verhältnis (S/N) verbessert. Dies wird am Beispiel eines Lasers der Laserklasse 2 mit einer maximalen mittleren Ausgangsleistung von 1 mW erläutert. Wird anstelle der bei den bekannten Geräten ausgesandten Messstrahlung mit 2,5 mW Spitzenleistung ein Laserburst von
- 15 10% Duty Cycle, mit einer Spitzenleistung von 25 mW, bei einer Modulationsfrequenz von 400 MHz abgestrahlt, so erhält man wiederum einer mittlere Laserleistung von 1 mW. Indem das Empfangssignal nur während der aktiven Burstdauer ausgewertet wird, erhält man zwar das gleichen Gesamtsignal, das entstehen würde, wenn ein kontinuierliches Signal aufsummiert würde. Nachdem jedoch 90% der Periode keine Auswertung erfolgt, werden auch 90% des Rauschens unterdrückt. Daraus resultiert eine Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses (S/N) um einen Fak-
- 20 tor $\sqrt{10}$ bzw. Quadratwurzel (10).

- Die Burstmodulation führt auch zu einer Vereinfachung der Regelung der Laserleistung und erlaubt eine Reduktion des Stromverbrauchs. Handelsübliche Laser, wie sie beispielsweise in den bekannten Entfernungsmessgeräten verwendet werden, weisen bei 25°C einen Schwellstrom (Ansteuer-
- 25 strom) von etwa 40 mA auf, bei dem der Lasereffekt beginnt. Da in dem der Laserdiode nachgeschalteten Laserkollimator Verluste entstehen, ist die Laserleistung an der Laserdiode nicht gleich der für die Laserklasse relevanten Leistung am Laseraustrittsfenster des Geräts. Für ein Gerät der Laserklasse 2 mit einer Ausgangsleistung von 1 mW ist bei 25°C ein Ansteuerstrom von etwa 41mA erforderlich. Bei einer Ausgangsleistung von 10 mW beträgt der Ansteuerstrom etwa 51
- 30 mA. Wird nun für eine mittlere Ausgangsleistung von 1 mW eine Burstmodulation von 10 mW mit einem Duty Cycle von 10% moduliert, so wird ein mittlerer Ansteuerstrom etwa 5,1 mA. Benötigt. Da die Laserspannung bei dem höheren Strom nur um etwa 10% grösser ist, wird in diesem Beispiel eine Reduktion der Ansteuerleistung etwa um einen Faktor 9 erzielt.

Ein weiterer Vorteil der Burstmodulation besteht in der unkritischeren Einregelung der Laserleistung. Bei Geräten der Laserklasse 2 muss gewährleistet sein, dass die mittlere Laserleistung in allen Betriebsbedingungen des Lasers am Laseraustrittsfenster des Geräts 1 mW nicht überschreitet. Die Regelung der Laser erfolgt meist derart, dass einem Gleichstrom ein hochfrequenter Modulationsstrom überlagert wird. Mit dem Gleichstrom wird die Laserleistung geregelt. Bei einer slope efficiency des Lasers von etwa 1 mW/mA muss der Laserstrom bei kontinuierlichem Betrieb und einer gewünschten Leistungsgenauigkeit von 2% bei 1mA mittlerer Ausgangsleistung auf etwa 20 μ A genau eingeregelt werden. Im Fall einer Burstmodulation, wie sie oben angeführt ist, muss der Strom bei gleicher Leistungsgenauigkeit auf nur noch etwa 200 μ A Genauigkeit eingeregelt werden. Die erforderliche Genauigkeit des Ansteuerstroms verringert sich um den Faktor des Duty Cycles der Burstmodulation.

Die Burstmodulation kann mit einer aktiven Burstdauer erfolgen, die sich praktisch nur auf einen einzigen Peak beschränkt. Zweckmässigerweise wird die aktive Burstdauer jedoch derart gewählt, dass sich daraus ein Duty Cycle ergibt, der etwa 5% bis etwa 50%, vorzugsweise etwa 10% bis etwa 40% beträgt. Mit den gewählten Grössen für die Burstdauer sind noch ausreichende Verbesserungen gegenüber den bekannten Messverfahren erzielbar.

Für den Effekt der Burstmodulation erweist es sich von Vorteil, wenn die emittierte Messstrahlung mit einer Modulationsfrequenz grösser 100 MHz und einer Peakleistung grösser 10 mW moduliert wird. Die höheren Spitzenleistungen des Lasers bei der Burstmodulation verkürzen auch die Kohärenzlänge der emittierten Laserstrahlung, da der Laser bei gleicher Pulsbreite aber höherer Peakleistung durch mehrerer Moden springt. Dies wirkt sich vorteilhaft auf die Genauigkeit der Messgeräte aus.

In einer Variante des erfindungsgemässen Verfahrens werden die elektrischen Messsignale durch kontinuierliche Überlagerung einer hochfrequenten Mischerfrequenz in niederfrequente Signale umgeformt und nur während der Burstdauer gefiltert. Dabei kann die Mischerfrequenz auch als Burst vorliegen. Die Mischerfrequenz entspricht dabei beispielsweise dem Wert der Modulationsfrequenz des Burstsignals \pm dem Frequenzwert des niederfrequenten Signals. Die Ausfilterung des Rauschens kann am analogen niederfrequenten Signal erfolgen. In einer bevorzugten Variante der

Erfindung wird die Ausfilterung des Rauschens nach der Digitalisierung des niederfrequenten Signals in einer digitalen Signalverarbeitung durchgeführt. Die Burstdauer wird mit Vorteil zu etwa eineinhalb Periodendauern des niederfrequenten Messsignals gewählt. Das erste Drittel der Burstdauer wird benötigt, damit das Filter einschwingen kann. Das Signal wird dann nur noch während der folgenden zwei Drittel der Burstdauer, die einer vollständigen Periode des niederfrequenten Messsignals entspricht, aufsummiert. Dabei wird die Burstfrequenz mit Vorteil zu der Frequenz des niederfrequenten Messsignals geteilt durch den Faktor des Duty Cycles gewählt. Trotz der durch den Einschwingvorgang des Filters verlorenen halben Periode des niederfrequenten Messsignals ist immer noch eine ausreichend hohe Verbesserung des Signal/Rauschen-Verhältnisses (S/N) erzielbar, welches durch eine Erhöhung der Abtastfrequenz des A/D Wandlers und eine Optimierung des verwendeten Antialiasingfilters noch verbessert werden kann.

In einer alternativen Ausführungsvariante der Erfindung wird das elektrische Messsignal nur während einer Zeitspanne, die etwa das ein- bis dreifache der Burstdauer beträgt, mit einer hochfrequenten Mischerfrequenz, die als Burst vorliegt und vorzugsweise etwa der Burstfrequenz entspricht, überlagert und in niederfrequente Signale umgeformt. Die niederfrequenten Messsignale werden dann hinsichtlich der Phasenverschiebung ausgewertet. Die gegenüber der Burstdauer vergrößerte Mischdauer trägt dem Umstand Rechnung, dass sich das Empfangssignal in Funktion der zu messenden Distanz zum Sendeburst verschiebt. Die Burstfrequenz wird grösser als die Frequenz des niederfrequenten Signals gewählt. Vorteilhaft an diesem Verfahren ist, dass die Burstfrequenz derart hoch gewählt werden kann, dass sie als Grob frequenz zur Bestimmung der Grobdistanz verwendbar ist.

Bei einer weiteren Variante der Erfindung wird das vom Empfänger gelieferte, hochfrequente elektrische Messsignal gefiltert und in der nachgeschalteten Signalauswertung mit den Referenzsignalen verglichen und hinsichtlich der Phasenverschiebung ausgewertet, um daraus den gesuchten Abstand zu ermitteln. Die Ausfilterung des Rauschens erfolgt mit Vorteil nach der Digitalisierung der hochfrequenten Signale in der digitalen Signalverarbeitung.

Die erfindungsgemässen Entfernungsmessgeräte haben mit den aus dem nächsten Stand der Technik bekannten Entfernungsmessgeräten die folgenden Merkmale gemeinsam: ein Sender zur Emission einer optischen Strahlung; eine Empfangsoptik für die von einem Messobjekt remittierte oder gestreute optische Messstrahlung; ein der Empfangsoptik nachgeschalteter Empfänger zur Umwandlung der optischen Strahlung in elektrische Messsignale; eine Einrichtung zur Erzeugung

einer Referenzstrahlung, die nach Durchlaufen einer bekannten Referenzstrecke in elektrische Referenzsignale umformbar ist; einer Filtereinrichtung zur Ausfilterung von Störsignalen; eine vorzugsweise digitale Signalverarbeitungsanlage zur Untersuchung der Messsignale und der Referenzsignale hinsichtlich ihrer Phasenlage, um daraus den Abstand des Messobjekts zu bestimmen und das Ergebnis dem Anwender verfügbar zu machen. Die Entfernungsmessgeräte nach der Erfindung weisen als Besonderheit auf, dass der Sender mit einem Frequenzsynthesizer verbunden ist, mit dem der emittierten optischen Strahlung eine hochfrequente, Burstmodulierte Modulationsfrequenz einprägbare ist und dass die Auswertung der elektrischen Mess- und Referenzsignale an die Burstdauer gekoppelt ist. Diese grundlegende Ausstattung ist allen Varianten der erfindungsgemässen Entfernungsmessgeräten auf Basis der Phasenmessung gemeinsam. Die optische Referenzstrahlung wird beispielsweise durch einen Strahlteiler erzeugt, der die emittierte optische Strahlung in einen Messstrahl und in einen Referenzstrahl aufspaltet. Dabei ist im Strahlengang des Referenzstrahls ein separater Referenzempfänger angeordnet, der den Referenzstrahl nach dem Durchlaufen der Referenzstrecke in elektrische Referenzsignale umformt. Die optische Strahlung kann aber auch periodisch entweder zum Messobjekt oder durch die Referenzstrecke zum Empfänger geleitet werden. Beispielsweise kann dazu ein periodisch in den Strahlengang einschwenkbarer Umlenkspiegel vorgesehen sein.

Für die Burstmodulation erscheint es zweckmässig, wenn als Sender eine Halbleiterlaserdiode für sichtbare optische Strahlung eingesetzt wird, die vorzugsweise eine Wellenlänge im Bereich von etwa 630 nm bis etwa 650 nm aufweist. Derartige Halbleiterlaserdioden sind mit den erforderlichen mittleren Ausgangsleistungen betreibbar und können insbesondere die benötigten Pulsenergien nahezu ohne Einbusse an Lebensdauer bereitstellen.

Indem die Filtereinrichtung wenigstens ein Hochfrequenzfilter umfasst, welches vor der Signalverarbeitungsanlage im elektrischen Signalpfad angeordnet ist, kann auf eine Umformung in niederfrequente Signale verzichtet werden. Die Ausfilterung des Rauschens erfolgt direkt auf dem hochfrequenten Messsignal bzw. Referenzsignal. Die gefilterten Signale werden dann in der Signalverarbeitungsanlage weiterverarbeitet.

30

In einer alternativen Ausführungsvariante der Erfindung ist im elektrischen Signalpfad des Messsignals und des Referenzsignals jeweils ein Frequenzmischer vorgesehen. Der Frequenzmischer ist vor der Filtereinrichtung angeordnet und dient zur Überlagerung der hochfrequenten elektrischen Mess- bzw. Referenzsignale mit einer hochfrequenten Mischerfrequenz. Durch die Überlagerung

der hochfrequenten Messsignale bzw. der Referenzsignale mit der hochfrequenten Mischerfrequenz entstehen niederfrequente Messsignale bzw. Referenzsignale, die in einem oder mehreren nachgeschalteten Niederfrequenzfiltern vom Rauschen befreit werden. Die gefilterten, niederfrequenten Signale werden dann digitalisiert und in der Signalverarbeitungsanlage weiterverarbeitet, um aus den Phasenlagen die Entfernung des Messobjekts zu bestimmen. Als Niederfrequenzfilter kommt vorzugsweise ein Antialiasingfilter zum Einsatz.

Im folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf in den Zeichnungen schematisch dargestellte Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

10

Fig. 1 – 3 Diagramme zur Erläuterung von Kenngrössen von Laserdioden; und

Fig. 4 – 6 drei schematische Darstellungen zur Erläuterung der Funktion von Varianten der Erfindung.

15

Fig. 1 zeigt die Abhängigkeit der Lichtwellenlänge von der Ausgangsleistung einer Laserdiode. Bei gleicher Pulsbreite und höheren Peakleistungen springt der Laser durch mehrere Moden. Dies verkürzt die Kohärenzlänge des abgestrahlten Laserlichts, was sich positiv auf die Genauigkeit der mit dem Laser ausgestatteten Messgeräte auswirkt. Die Fortschritte in der Halbleitertechnologie erlauben eine Generierung und Verarbeitung von Signalen bei immer höheren Frequenzen. Bei Entfernungsmessgeräten kann diese verbesserte Technologie dazu eingesetzt werden, die Leistung der Geräte zu verbessern. Die Verbesserungen können in kürzeren Messzeiten, genaueren Messgeräten, grösseren Reichweiten oder auch immer kleineren Geräten und damit auch kleineren Empfangsoptiken mit geringeren Empfangssignalpegeln bestehen. Bei höheren Frequenzen weist das Signal im Nulldurchgang eine grössere Steigung auf. Dadurch wird die Zeitspanne, innerhalb der Rauschsignale das eigentliche Messsignal beeinträchtigen, verkürzt.

Fig. 2 gibt die Ansteuercharakteristik eines Halbleiterlasers bei unterschiedlichen Temperaturen wieder. Für eine mittlere Ausgangsleistung von 1 mW weist der Laser bei 25°C einen Ansteuerstrom von etwa 41 mA auf. Infolge der Steilheit der Ansteuercharakteristik beträgt der Ansteuerstrom für eine Ausgangsleistung von 10 mW etwa 51 mA. Die um das zehnfache vergrösserte

30

mittlere Ausgangsleistung des Lasers hat einen nur um etwa 10 mA vergrößerten Ansteuerstrom zur Folge. Die Laserspannung liegt bei dem erhöhten Ansteuerstrom nur um etwa 10% höher.

Fig. 3 dient zur Verdeutlichung von Kenngrößen für die erfindungsgemässe Burstmodulation der emittierten optischen Strahlung. Die Zeitdauer, während der die Burstsinalfolge S anliegt, wird als aktive Burstdauer $t_{\text{BURST-ON}}$ bezeichnet. Die Periode der Abfolge von Bursts und Totzeit, in der kein Modulationssignal anliegt, wird als Messperiode t_{BURST} bezeichnet. Das Burstsinal weist einen Duty Cycle auf, der als das Verhältnis der aktiven Burstdauer $t_{\text{BURST-ON}}$ zur Messperiode t_{BURST} in % definiert ist. Dadurch unterscheidet sich die Burstmodulation von einer Pulsmodulation, bei der das Modulationssignal über die Gesamtdauer einer Messperiode quasi kontinuierlich anliegt. Bei der Burstmodulation hingegen liegt das Modulationssignal nur während eines Teils der Messperiode an. Nach der oben angeführten Definition beträgt daher bei der Pulsmodulation der Duty Cycle immer 100%, während der Wert bei der Burstmodulation immer kleiner als 100 %. Die Burstmodulation erfolgt mit einem vorzugsweise rechteckmodulierten Burstsinal S. Der rechteckmodulierte Burst S führt insgesamt zu einer verringerten Peakleistung. Der Duty Cycle ist unter anderem ein Mass für die erzielbaren Verbesserungen im Signal/Rauschen-Verhältnis (S/N). Das Burstsinal weist eine Modulationsfrequenz M auf, die von der Periode t_s des Signalverlaufs innerhalb eines Bursts abhängig ist. In Analogie zur aktiven Burstdauer kann auch eine aktive Modulationsfrequenz $M_{\text{ON}} = 1/t_{s\text{-ON}}$ definiert werden. Diese ist von der Zeitdauer abhängig, innerhalb der das Signal von Null verschieden ist. Aus dem Verhältnis der aktiven Modulationsfrequenz zur Modulationsfrequenz kann ein Duty Cycle der Modulationsfrequenz in % bestimmt werden.

Fig. 4 ist eine schematische Darstellung einer ersten Variante des erfindungsgemässen Entfernungsmessgeräts. Die von einer Laserquelle 1 emittierte und von einer Kollimationsoptik 2 kollimierte optische Strahlung L wird von einem Strahlenteiler 7 in ein Messstrahlenbündel und in ein Referenzstrahlenbündel aufgeteilt. Die Messstrahlung gelangt zu einem Messobjekt, dessen Abstand vom Entfernungsmessgerät gemessen werden soll. Die vom Messobjekt remittierte oder gestreute Strahlung R wird von einer Empfangsoptik 3 gesammelt und auf einen Messempfänger 4 geleitet. Als Messempfänger 4 kommt beispielsweise eine Avalanche Fotodiode zum Einsatz, die über einen Vorwiderstand 5 an einer variablen Vorspannung 6 liegt. Die Referenzstrahlung wird über einen Umlenkspiegel 8 und eine Optik 9 auf einen Referenzempfänger geleitet. Die von der Referenzstrahlung durchlaufene Wegstrecke vom Strahlteiler 7 zum Referenzempfänger 10 bildet die bekannte Referenzstrecke.

Der von der Laserquelle 1 emittierten optische Strahlung ist eine hochfrequente Modulationsfrequenz M aufgeprägt, die von einem Frequenzsynthesizer 12 erzeugt ist, der von einem Referenzquarz 13 angesteuert ist. Durch die hochfrequente Modulationsfrequenz M werden am Empfänger 4 und am Referenzempfänger 10 jeweils hochfrequente Messsignale erzeugt. Der Frequenzsynthesizer 12 erzeugt auch eine Mischerfrequenz F von ähnlich hoher Frequenz, die gleichzeitig über eine Verbindungsleitung einem Frequenzmischer 11 und dem Empfänger 4 zugeführt wird. Der Empfänger 4 für die vom Messobjekt remittierte bzw. gestreute Strahlung ist als Avalanche Fotodiode ausgebildet und arbeitet daher als Direktmischer. Für den Fall, dass anstelle der Avalanche Fotodiode eine PIN-Diode eingesetzt wird, ist ein zusätzlicher Frequenzmischer erforderlich, in dem die Mischerfrequenz F mit den Messsignalen überlagert werden. Durch die Überlagerung mit der Mischerfrequenz F werden die vom Empfänger 4 erzeugten Messsignale in ein niederfrequentes Messsignal NF umgewandelt. In analoger Weise werden die hochfrequenten Referenzsignale im Frequenzmischer 11 mit der Mischerfrequenz F zu einem niederfrequenten Kalibriersignal NF-CAL überlagert. Die Mischerfrequenz F wird dabei mit Vorteil derart gewählt, dass gilt $F = (n \times M) \pm NF$. Die Mischerfrequenz F ist somit ein ganzzahliges Vielfaches der Modulationsfrequenz M vermehrt oder vermindert um den Wert des niederfrequenten Signals NF. n ist dabei grösser als 0.

Die niederfrequenten Messsignale NF bzw. Kalibriersignale NF-CAL werden über einen analogen Schalter 14 sequentiell einem Niederfrequenzfilter 15 zugeführt, in dem die hochfrequenten Signalanteile herausgefiltert werden. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Filter um ein Anti-Aliasingfilter. Die gefilterten und verstärkten Mess- bzw. Referenzsignale werden in einem Analog/Digital Wandler 16 digitalisiert und in einer digitalen Signalverarbeitungseinrichtung 17 hinsichtlich ihrer Phasenlage ausgewertet. Aus der Phasenlage wird auf die Entfernung des Messobjekts zurückgeschlossen, die als Signal O an eine Ausgabereinheit weitergeleitet wird.

25

Die erfindungsgemässe Modifikation des Entfernungsmessgeräts besteht in der vom Frequenzsynthesizer 12 erzeugten Modulationsfrequenz M, die der von der Laserquelle 1 emittierten optischen Strahlung L aufgeprägt wird. Insbesondere handelt es sich dabei um eine Burstmodulation mit Bursts B, deren Burstfrequenz klein gegen die Frequenz der niederfrequenten Messsignale NF ist. Die infolge der Burstmodulation in Bursts B abgegebene Messstrahlung L wird periodisch von längeren Totzeitabschnitten abgelöst. Die Folge sind Messsignale NF bzw. Referenzsignale NF-CAL, die durch lange Abschnitte ohne Messsignale voneinander getrennt sind. Die Auswertung der niederfrequenten Messsignale NF bzw. der Referenzsignale NF-CAL in der digitalen Signalverarbeitungsanlage 17 ist gleichfalls durch den Frequenzsynthesizer gesteuert und erfolgt im wesentlichen nur während eines von der Burstdauer abhängigen Messzeitraums E. Die gleichfalls vom Fre-

quenzsynthesizer 12 erzeugte Mischerfrequenz F kann kontinuierlich erzeugt werden. Sie kann aber auch als Burst vorliegen, dessen Frequenz im Bereich der optischen Strahlung aufgeprägten Modulationsfrequenz liegt.

- 5 Das in Fig. 5 schematisch dargestellte Ausführungsbeispiel weist im Sende- und Empfangsbereich im wesentlichen den gleichen Aufbau auf wie das Ausführungsbeispiel aus Fig. 4. Analoge Bauteile tragen daher auch die gleichen Bezugszeichen. Die von einer Laserquelle 1 emittierte und von einer Kollimationsoptik 2 kollimierte optische Strahlung L wird von einem Strahlenteiler 7 in ein Messstrahlenbündel und in ein Referenzstrahlenbündel aufgeteilt. Die Messstrahlung gelangt zu
- 10 einem Messobjekt, dessen Abstand vom Entfernungsmessgerät gemessen werden soll. Die vom Messobjekt remittierte oder gestreute Strahlung R wird von einer Empfangsoptik 3 gesammelt und auf einen Messempfänger 4 geleitet. Als Empfänger kommt beispielsweise eine Avalanche Fotodiode zum Einsatz, die über einen Vorwiderstand 5 an einer variablen Vorspannung 6 liegt. Die Referenzstrahlung wird über einen Umlenkspiegel 8 und eine Optik 9 auf einen Referenzempfänger
- 15 geleitet. Die von der Referenzstrahlung durchlaufene Wegstrecke vom Strahlteiler 7 zum Referenzempfänger 10 bildet die bekannte Referenzstrecke.

- Der von der Laserquelle 1 emittierten optische Strahlung ist eine hochfrequente Modulationsfrequenz M aufgeprägt, die von einem Frequenzsynthesizer 12 erzeugt ist, der von einem Referenzquarz 13 angesteuert ist. Durch die hochfrequente Modulationsfrequenz M werden am Empfänger
- 20 4 und am Referenzempfänger 10 jeweils hochfrequente Messsignale erzeugt. Der Frequenzsynthesizer 12 erzeugt auch eine Mischerfrequenz F von ähnlich hoher Frequenz, die gleichzeitig über eine Verbindungsleitung einem Frequenzmischer 11 und dem Empfänger 4 zugeführt wird. Die Mischerfrequenz F wird dem vom Empfänger 4 erzeugten Messsignal in einem zusätzlichen, nachgeschalteten Frequenzmischer 21 überlagert. Durch die Überlagerung mit der Mischerfrequenz M werden die vom Empfänger 4 erzeugten Messsignale in ein niederfrequentes Messsignal NF umgewandelt. In analoger Weise werden die hochfrequenten Referenzsignale im Frequenzmischer 11 mit der Mischerfrequenz M zu einem niederfrequenten Kalibriersignal $NF-CAL$ überlagert.

- 30 Die niederfrequenten Messsignale NF und die niederfrequenten Kalibriersignale $NF-CAL$ werden jeweils einem Niederfrequenzfilter 21, 22 zugeführt, in dem die hochfrequenten Signalanteile herausgefiltert werden. Vorzugsweise handelt es sich bei beiden Filtern um Anti-Aliasingfilter. Die gefilterten und verstärkten Mess- bzw. Referenzsignale werden in einem mit zwei Eingängen ausgestatteten Analog/Digital Wandler 23 digitalisiert und in einer digitalen Signalverarbeitungsein-

richtung 17 hinsichtlich ihrer Phasenlage ausgewertet. Dabei können die niederfrequenten Messsignale und die Referenzsignale simultan oder auch sequentiell ausgewertet werden. Aus der Phasenlage wird auf die Entfernung des Messobjekts zurückgeschlossen, die als Signal O an eine Ausgabeeinheit weitergeleitet wird.

5

Die vom Frequenzsynthesizer 12 erzeugte Modulationsfrequenz M, die der von der Laserquelle 1 emittierten optischen Strahlung L aufgeprägt wird, ist Burstmoduliert. Dadurch wird die Messstrahlung in Bursts B abgegeben, deren Burstfrequenz gross gegenüber der Frequenz der niederfrequenten Messsignale NF ist. Die in Bursts B abgegebene Messstrahlung L wird periodisch von
10 längeren Totzeitabschnitten abgelöst. Die Folge sind Messsignale NF, die durch lange Abschnitte ohne Messsignal voneinander getrennt sind. Die gleichfalls vom Frequenzsynthesizer 12 erzeugte Mischerfrequenz F liegt ebenfalls in Bursts B* vor, und weist eine Frequenz auf, die im Bereich der der optischen Strahlung S aufgeprägten Modulationsfrequenz M liegt. Die Mischung der hochfrequenten Signale des Empfängers 4 und des Referenzempfängers 10 mit der Mischerfrequenz F
15 erfolgt nur während einer von der Burstdauer abhängigen Zeitspanne. Die Auswertung der nach den Niederfrequenzfiltern 21, 22 anliegenden, kontinuierlichen niederfrequenten Signale C erfolgt nach ihrer Digitalisierung in der digitalen Signalverarbeitungsanlage 17. Diese ist mit dem Frequenzsynthesizer 12 gekoppelt und wertet die Signale während einer Zeitspanne aus, die von der Burstdauer abhängig ist.

20

Das in Fig. 6 dargestellte Ausführungsbeispiel der Erfindung verzichtet auf die Umformung der hochfrequenten Messsignale bzw. Referenzsignale in niederfrequente Signale und verarbeitet die hochfrequenten Signale direkt. Der grundsätzliche Aufbau des Sende- und Empfangsbereichs entspricht weitgehend dem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele. Daher sind gleiche Bauteile auch mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die von einer Laserquelle 1 emittierte und von einer Kollimationsoptik 2 kollimierte optische Strahlung L wird von einem Strahlenteiler 7 in ein Messstrahlenbündel und in ein Referenzstrahlenbündel aufgeteilt. Die Messstrahlung gelangt zu einem Messobjekt, dessen Abstand vom Entfernungsmessgerät gemessen werden soll. Die vom Messobjekt remittierte oder gestreute Strahlung R wird von einer Empfangsoptik 3 gesammelt und
25 auf einen Messempfänger 4 geleitet. Als Empfänger kommt beispielsweise eine Avalanche Fotodiode zum Einsatz, die über einen Vorwiderstand 5 an einer variablen Vorspannung 6 liegt. Die Referenzstrahlung wird über einen Umlenkspiegel 8 und eine Optik 9 auf einen Referenzempfänger geleitet. Die von der Referenzstrahlung durchlaufene Wegstrecke vom Strahlteiler 7 zum Referenzempfänger 10 bildet die bekannte Referenzstrecke.
30

Der von der Laserquelle 1 emittierten optische Strahlung ist eine hochfrequente Modulationsfrequenz M aufgeprägt, die von einem Frequenzsynthesizer 12 erzeugt ist, der von einem Referenzquarz 13 angesteuert ist. Die Modulationsfrequenz M ist Burstmoduliert B und bewirkt, dass die optische Strahlung S paketweise abgestrahlt wird. Dem Empfänger 4 dem im Referenzstrahlengang angeordneten Referenzempfänger 10 ist jeweils ein Verstärker 31, 32 nachgeschaltet, der die hochfrequenten Messsignale HF bzw. die Referenzsignale HF-CAL verstärkt. Nachdem die hochfrequenten Mess- bzw. Referenzsignale HF bzw. HF-CAL nicht mit einer Mischerfrequenz überlagert werden, liegen sie entsprechend der Burstmodulation der emittierten optischen Strahlung L ebenfalls in Paketform P an. Die hochfrequenten Messsignale HF bzw. die Referenzsignale HF-CAL werden über einen Schalter 14 sequentiell an ein Hochfrequenzfilter 33 geleitet. Als Hochfrequenzfilter kommt beispielsweise ein Bandpassfilter in Frage. An das Hochfrequenzfilter schliesst ein schneller Analog/Digital Wandler 34 an, der die Mess- bzw. Referenzsignale in digitale Signale umwandelt, die dann in einer digitalen Signalverarbeitungsanlage 17 hinsichtlich ihrer Phasenlage ausgewertet werden. Der A/D Wandler 34 und die digitale Signalverarbeitungsanlage 17 beziehen ihre Taktfrequenz jeweils aus dem Frequenzsynthesizer und in Abhängigkeit von der Burstdauer. Aus der Phasenlage wird die gesuchte Entfernung O des Messobjekts bestimmt und die Information an eine Ausgabereinrichtung, beispielsweise eine Anzeige oder einen Drucker weitergeleitet. Die Messsignale HF bzw. die Referenzsignale HF-CAL können auch simultan digitalisiert und ausgewertet werden. In diesem Fall ist für beide Signalpfade ein Hochfrequenzfilter erforderlich. Die Umwandlung der analogen in digitale Signale kann in einem gemeinsamen A/D Wandler mit zwei Eingängen erfolgen, oder es können separate A/D Wandler vorgesehen sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Entfernungsmessung auf der Basis der Phasenmessung einer von einem
5 anvisierten Messobjekt remittierten oder gestreuten optischen Messstrahlung, bei dem das
Messobjekt mit einer von einem Messgerät emittierten, intensitätsmodulierten, optischen
Messstrahlung beaufschlagt wird und die vom Messobjekt remittierte oder gestreute
Messstrahlung von einem im Messgerät angeordneten Empfänger detektiert und in elek-
trische Messsignale umgeformt wird, welche mit einem Referenzsignal verglichen wer-
10 den, das aus der Detektion und Umformung eines durch eine bekannte Referenzstrecke
geleiteten Messlichtanteils generiert wird, um aus der ermittelten Phasendifferenz den
Abstand zwischen dem Messgerät und dem Messobjekt zu ermitteln, dadurch gekenn-
zeichnet, dass die emittierte Messstrahlung burstmoduliert wird und das Messsignal des
Empfängers während eines nur von einer aktiven Burstdauer abhängigen Zeitraums aus-
15 gewertet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die aktive Burstdauer derart
gewählt wird, dass ein Duty Cycle von etwa 5% bis etwa 50%, vorzugsweise etwa 10%
bis etwa 40% erzielt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die emittierte Mess-
strahlung mit einer Modulationsfrequenz grösser 100 MHz und einer Peakeistung grösser
10 mW moduliert wird.
- 25 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die
elektrischen Messsignale durch kontinuierliche Überlagerung einer hochfrequenten Mi-
scherfrequenz in niederfrequente Signale umgeformt und nur während der aktiven
Burstdauer ausgewertet werden.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Burstdauer zu etwa ein-
einhalb Periodendauern des niederfrequenten Messsignals gewählt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Burstfrequenz zu der Frequenz des niederfrequenten Messsignals geteilt durch den Wert des Duty Cycles des Bursts gewählt wird.
- 5
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrische Messsignal während einer Zeitspanne, die etwa das ein- bis dreifache der aktiven Burstdauer beträgt, mit einer hochfrequenten Mischerfrequenz überlagert und in niederfrequente Signale umgeformt wird, und die niederfrequenten Messsignale hinsichtlich der Phasenverschiebung ausgewertet werden.
- 10
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 - 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischerfrequenz zu dem n-fachen der Burstfrequenz \pm dem Wert des niederfrequenten Messsignals gewählt wird, wobei n ganzzahlig und grösser als Null ist.
- 15
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, dass das vom Empfänger gelieferte hochfrequente elektrische Messsignal während einer Zeitspanne, die etwa das ein- bis dreifache der Burstdauer beträgt, gefiltert und in einer Signalauswertung mit den Referenzsignalen verglichen und hinsichtlich der Phasenverschiebung ausgewertet wird, um daraus den gesuchten Abstand zu ermitteln.
- 20
10. Verfahren nach Anspruch 7 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Burstfrequenz als Grob frequenz zur Bestimmung der Grobdistanz verwendet wird.

11. Vorrichtung zur Entfernungsmessung nach dem Prinzip der Phasenmessung, mit einem Sender (1) zur Emission einer optischen Strahlung (L), einer Empfangsoptik (3) für die von einem Messobjekt remittierte oder gestreute optische Messstrahlung (R), einem der
5 Empfangsoptik (3) nachgeschalteten Empfänger (4) zur Umwandlung der optischen Strahlung in elektrische Messsignale, einer Filtereinrichtung (15, 21, 33) zur Ausfilterung von Störsignalen, sowie einer Signalverarbeitungsanlage (17) zum Vergleich der Messsignale mit Referenzsignalen und zur Untersuchung hinsichtlich ihrer Phasenlage, um daraus den Abstand des Messobjekts zu bestimmen und das Ergebnis dem Anwender
10 verfügbar zu machen, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender (1) mit einem Frequenzsynthesizer (12, 13) verbunden ist, mit dem der emittierten optischen Strahlung (L) eine hochfrequente, burstmodulierte Modulationsfrequenz (M) einprägbare ist und dass die Auswertung der elektrischen Mess- und Referenzsignale an die aktive Burstdauer ($t_{BURST-ON}$) gekoppelt ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Sender (1) eine Halbleiterlaserdiode für sichtbare optische Strahlung (L) eingesetzt wird, die vorzugsweise eine Wellenlänge im Bereich von etwa 630 nm bis etwa 650 nm aufweist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang der emittierten optischen Strahlung (L) eine Einrichtung (7) vorgesehen ist, die aus der emittierten optischen Strahlung (L) eine optische Referenzstrahlung erzeugt, welche durch eine bekannte Referenzstrecke leitbar ist, bevor sie in die Referenzsignale umformbar ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (7) zur Erzeugung der Referenzstrahlung ein Strahlteiler ist und im Strahlengang der Referenzstrahlung ein Referenzempfänger (10) angeordnet ist.
15. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Filtereinrichtung (33) wenigstens ein Hochfrequenzfilter umfasst, welches vor der Signalverarbeitungsanlage (17) im elektrischen Signalpfad angeordnet ist.

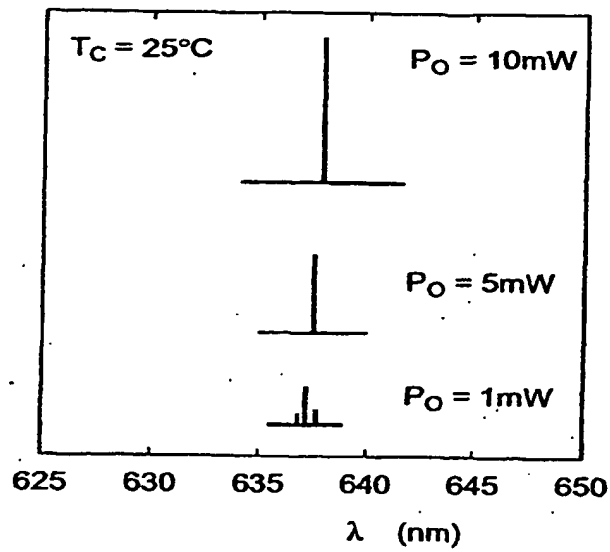


Fig. 1

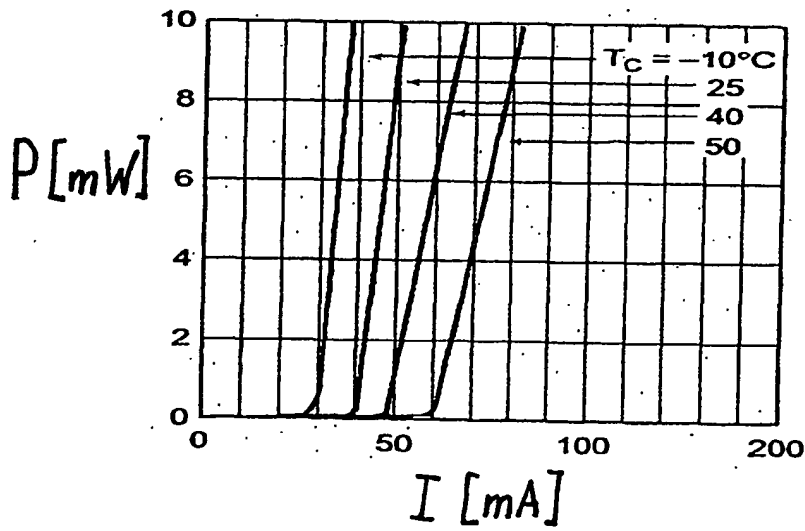


Fig. 2

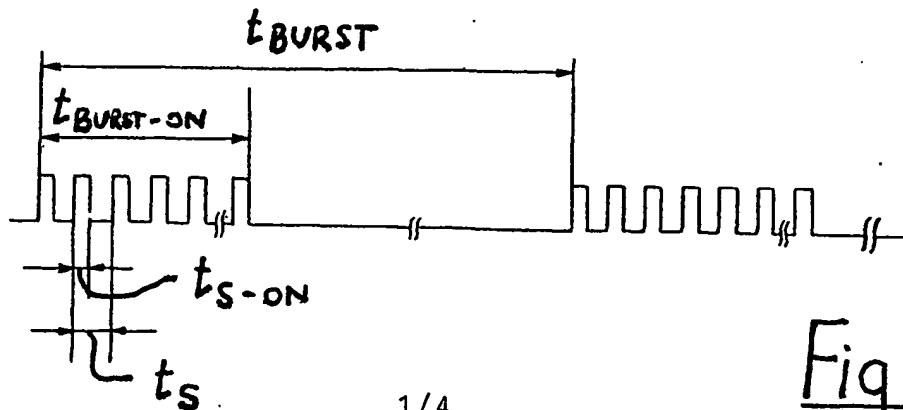


Fig. 3

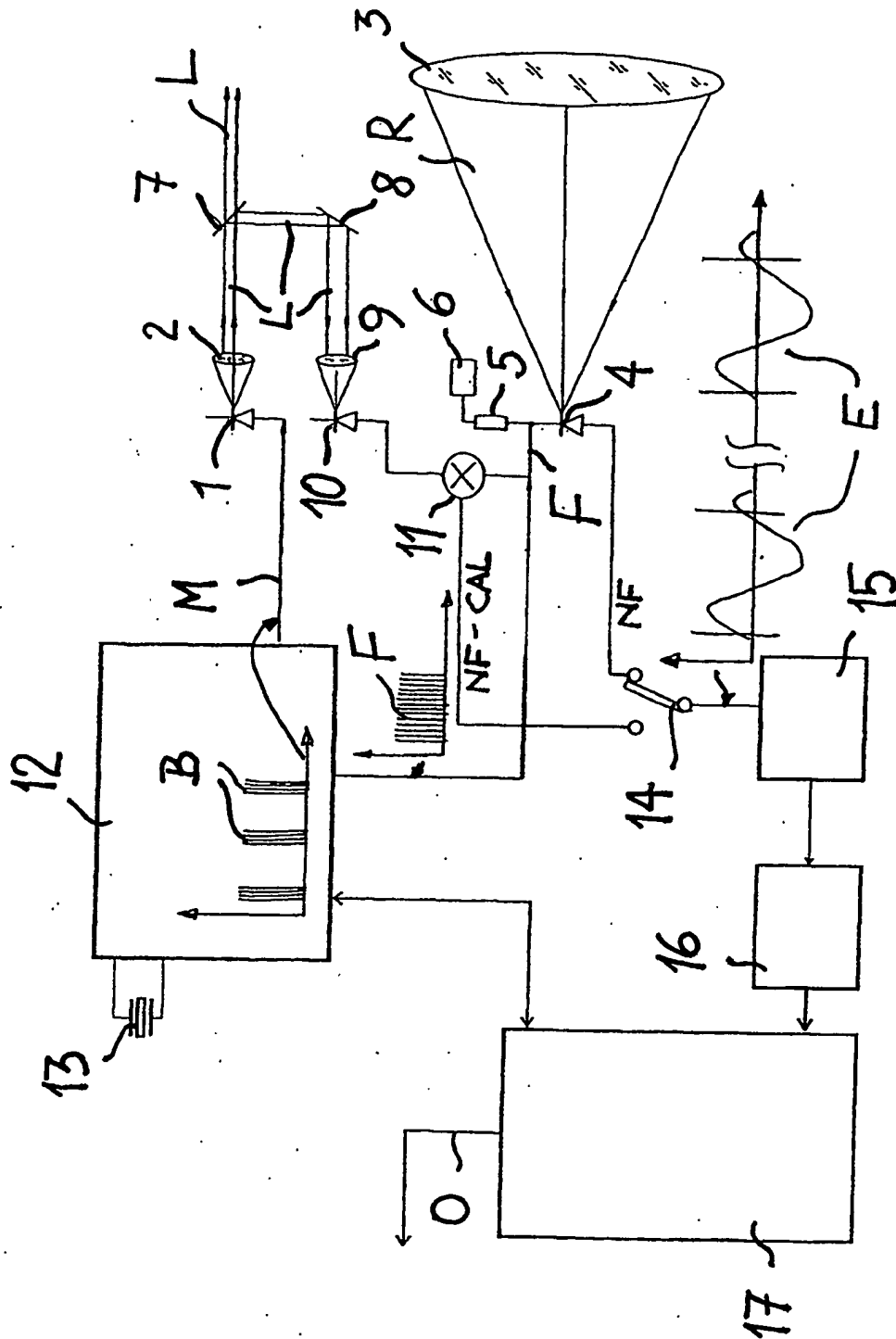
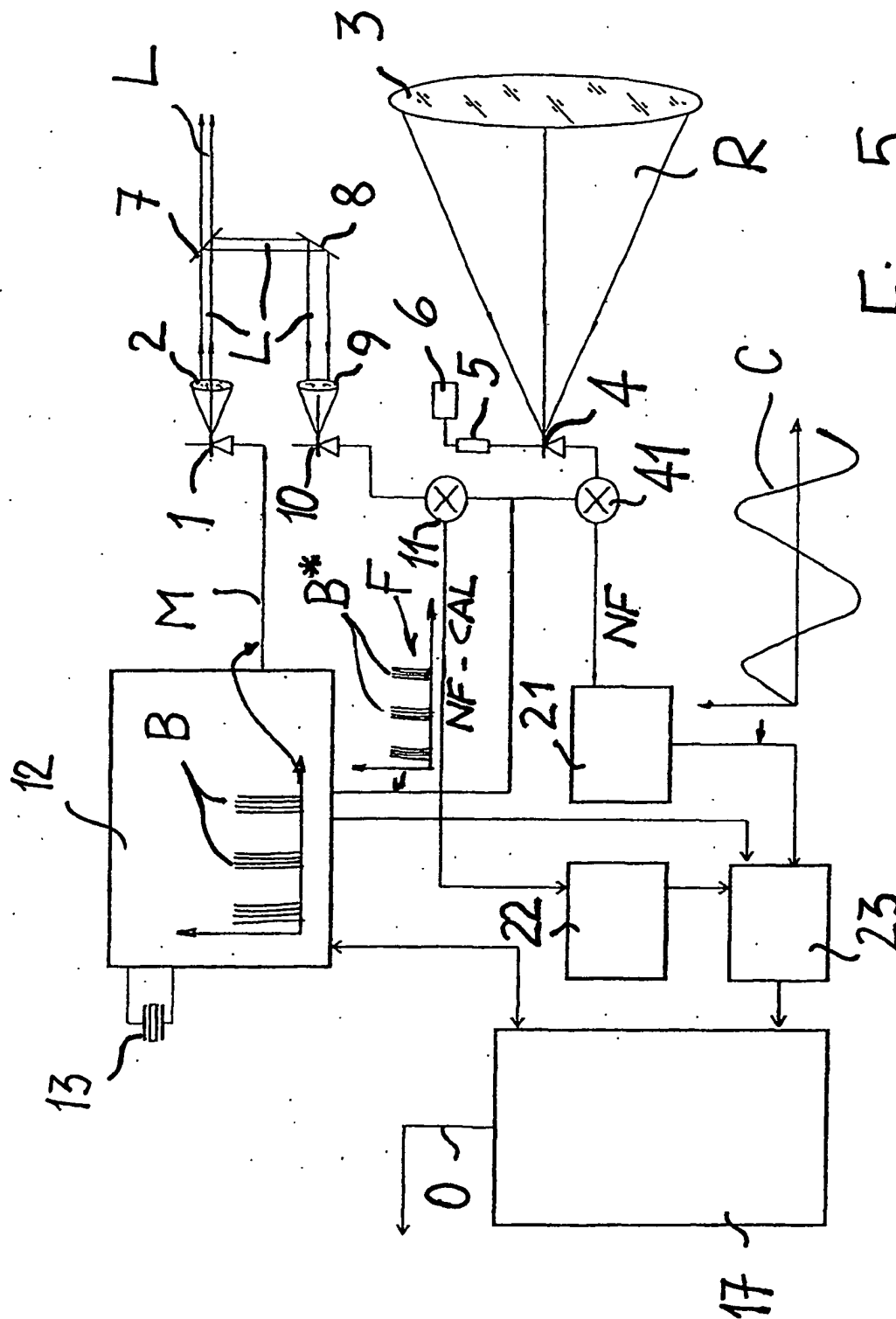


Fig. 4



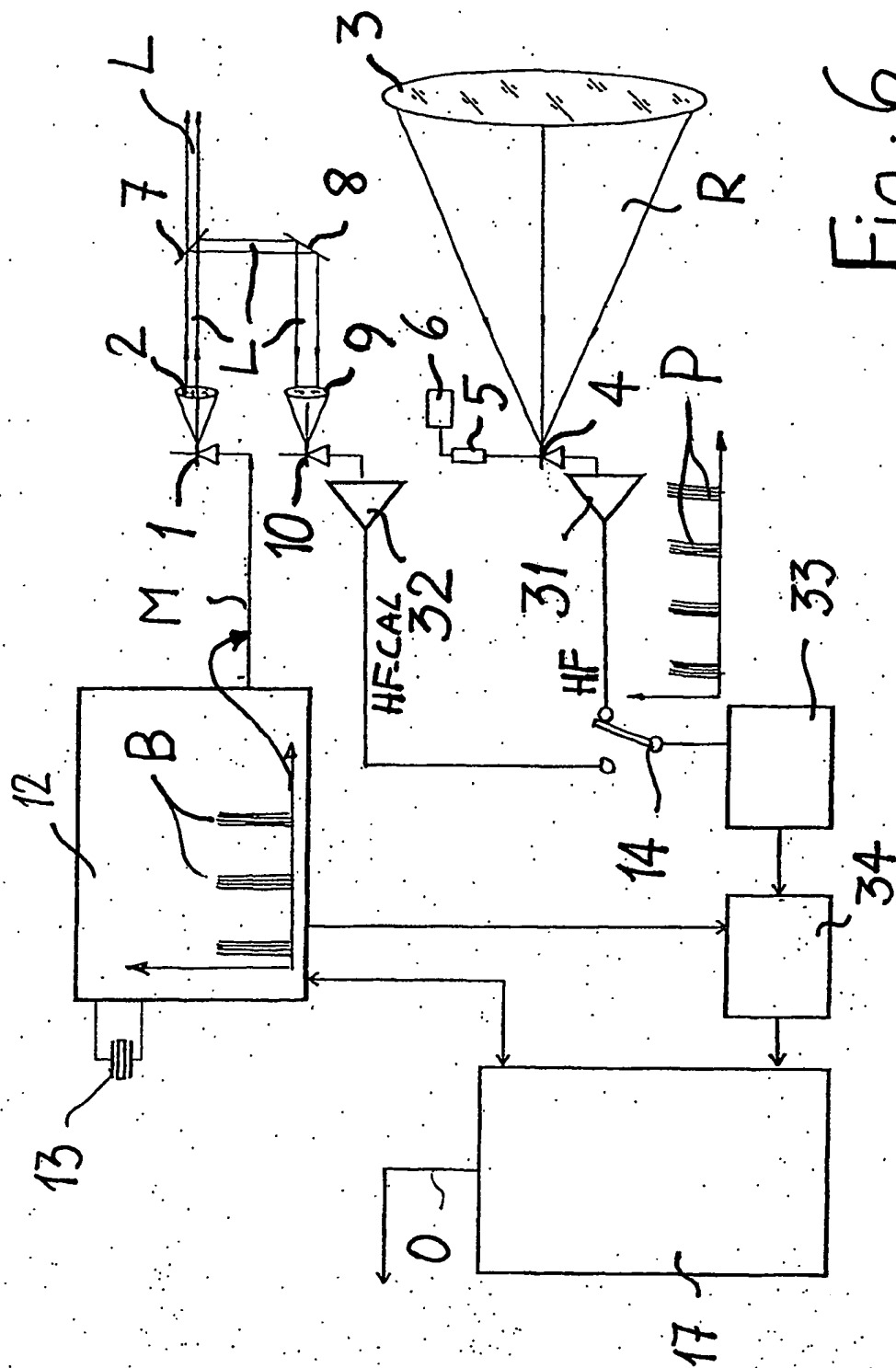


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte 31 Application No

PCT/CH 01/00491

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01S17/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 889 490 A (FISHER WALTER G ET AL) 30 March 1999 (1999-03-30) abstract column 2, line 45 -column 3, line 8 column 5, line 26 -column 7, line 9 ---	1,11
A	DE 196 43 287 A (LEICA AG) 23 April 1998 (1998-04-23) abstract column 2, line 58 -column 4, line 23 figure 1 ---	1,11
A	AT 405 105 B (RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEM) 25 May 1999 (1999-05-25) abstract ---	1,11
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

°A° document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

°E° earlier document but published on or after the International filing date

°L° document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

°O° document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

°P° document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

°T° later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

°X° document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

°Y° document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

°&° document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

12 November 2001

Date of mailing of the International search report

16/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roost, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte: nal Application No

PCT/CH 01/00491

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 738 899 A (LEICA AG) 23 October 1996 (1996-10-23) cited in the application abstract -----	1,11

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5889490	A	30-03-1999	US 5745437 A	28-04-1998
DE 19643287	A	23-04-1998	DE 19643287 A1	23-04-1998
			AT 195588 T	15-09-2000
			AU 719134 B2	04-05-2000
			AU 4867897 A	15-05-1998
			DE 59702217 D1	21-09-2000
			WO 9818019 A1	30-04-1998
			EP 0932835 A1	04-08-1999
			JP 2000505901 T	16-05-2000
			JP 3161738 B2	25-04-2001
AT 405105	B	25-05-1999	AT 152597 A	15-09-1998
			AU 8818898 A	29-03-1999
			EP 1012627 A2	28-06-2000
			WO 9913356 A2	18-03-1999
EP 0738899	A	23-10-1996	DE 4316348 A1	17-11-1994
			AU 679998 B2	17-07-1997
			AU 6842594 A	12-12-1994
			CN 1123573 A ,B	29-05-1996
			DE 59401776 D1	20-03-1997
			DE 59409256 D1	04-05-2000
			WO 9427164 A1	24-11-1994
			EP 0701702 A1	20-03-1996
			EP 0738899 A1	23-10-1996
			JP 3169082 B2	21-05-2001
			JP 8510324 T	29-10-1996
			US 5949531 A	07-09-1999
			US 5815251 A	29-09-1998

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01S17/36

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 889 490 A (FISHER WALTER G ET AL) 30. März 1999 (1999-03-30) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 45 -Spalte 3, Zeile 8 Spalte 5, Zeile 26 -Spalte 7, Zeile 9 ----	1,11
A	DE 196 43 287 A (LEICA AG) 23. April 1998 (1998-04-23) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 58 -Spalte 4, Zeile 23 Abbildung 1 ----	1,11
A	AT 405 105 B (RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEM) 25. Mai 1999 (1999-05-25) Zusammenfassung ----- -/-	1,11

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. November 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/11/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Roost, J

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 738 899 A (LEICA AG) 23. Oktober 1996 (1996-10-23) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----	1,11

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5889490	A	30-03-1999	US	5745437 A	28-04-1998
DE 19643287	A	23-04-1998	DE	19643287 A1	23-04-1998
			AT	195588 T	15-09-2000
			AU	719134 B2	04-05-2000
			AU	4867897 A	15-05-1998
			DE	59702217 D1	21-09-2000
			WO	9818019 A1	30-04-1998
			EP	0932835 A1	04-08-1999
			JP	2000505901 T	16-05-2000
			JP	3161738 B2	25-04-2001
AT 405105	B	25-05-1999	AT	152597 A	15-09-1998
			AU	8818898 A	29-03-1999
			EP	1012627 A2	28-06-2000
			WO	9913356 A2	18-03-1999
EP 0738899	A	23-10-1996	DE	4316348 A1	17-11-1994
			AU	679998 B2	17-07-1997
			AU	6842594 A	12-12-1994
			CN	1123573 A ,B	29-05-1996
			DE	59401776 D1	20-03-1997
			DE	59409256 D1	04-05-2000
			WO	9427164 A1	24-11-1994
			EP	0701702 A1	20-03-1996
			EP	0738899 A1	23-10-1996
			JP	3169082 B2	21-05-2001
			JP	8510324 T	29-10-1996
			US	5949531 A	07-09-1999
			US	5815251 A	29-09-1998